中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）46(4)：324～332（1997）

囊叢枝菌根菌對柑橘生長之效應[1]

程永雄　莊明富　許淑麗[2]

摘要：調查本省八處柑橘園土壤樣品囊叢枝菌根菌之發生情形，結果顯示所有根系樣品均可發現菌根之形成，惟菌根形成率差異很大，一般距地表0—15公分之根系，菌根形成率較高，厚膜孢子數亦較多。溫室接種試驗顯示，囊叢枝菌根菌對柑橘生長促進效果，菌種間有明顯差異，接種 *Glomus aggregatum, G. etunicatum, G. fasciculatum, G. geosporum* 及 *G. mosseae* 之酸橘，菌根植株高度分別爲42.8,36.1,29.8,40.9及30.5公分，非菌根植株高度爲30.7公分。供試八種柑橘砧木酸橘、酸橙、枳柚、特洛伊枳橙、苦柚、夏伯粗檸檬、粗檸檬及廣東檬檬，菌根與非菌根植株之高度，除枳柚差異不顯著，其餘品種均達顯著差異。在柑橘栽培土中添加堆肥，對菌根酸橘生長之影響，除添加樹皮堆肥者株高較矮，其餘處理與未添加之對照並無差異。土壤質地對酸橘植株菌根形成有影響，種植在砂質土之植株，菌根形成率較種植於砂質壤土與壤土者爲高，原因與土壤肥份高低可能有關，在壤土中由於肥分高，菌根形成率較低，菌根與非菌根植株株高並無差異，砂質土由於肥分低，菌根與非菌根植株株高、地上部鮮重有顯著差異。

關鍵詞：柑橘、生長促進、囊叢枝菌根菌。

前　言

囊叢枝菌根菌（Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi）是一種可與作物共生的眞菌，廣泛存在於自然界中，當其感染宿主植物根系，大都在根部皮層細胞內可產生囊狀體（Vesicle）與叢枝狀體（Arbuscule）兩種構造。菌根表面之外伸菌絲（External hyphae），可幫助宿主植物吸收土壤中的礦物元素及水分等，因而促進宿主植物的生長[2,7,16]。菌根菌的宿主涵蓋了重要的農、園藝作物，柑橘即是其中之一。囊叢枝菌根菌對柑橘生長促進效果，最初由 Kleinschmidt 等氏證實，報告中指出，土壤經過燻蒸或蒸氣消毒，再種植接種 *Endogone mosseae* 之柑橘，所有植株生長良好，不再出現矮化（Stunting）及黃化（Chlorosis）現象[14,18]。蒸氣、燻蒸消毒亦是本省柑橘育苗介質經常使用的消毒方法，因此有必要重新加入囊叢枝菌根菌於育苗介質中，以維持柑橘正常生長。另外，爲了避免根部病原菌的爲害，砧木的利用是本省柑橘栽培的特色，目前配合使用熱處理或頂梢嫁接之健康接穗，所生產之健康柑橘種苗已實際推廣中[1]，基於前述使用砧木的特殊性，篩選適合之囊叢枝菌根菌實有必要。因此，本研究首先進行本省柑橘園囊叢枝菌根菌之調查，其次爲菌株的篩選、砧木的篩選，最後探討栽培介質、土壤質地對囊叢枝菌根菌之影響，期望囊叢枝菌根菌的應用，能有效改善本省柑橘的栽培。

---

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1917 號。
2. 爲臺灣省農業試驗所嘉義分所研究員兼分所長、助理及計畫助理。臺灣省　嘉義市。

材料與方法

一、囊叢枝菌根菌接種源之繁殖

五種 *Glomus* 屬之囊叢枝菌根菌 *Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend. Koske, *G. etunicatum* Becker & Gerdemannn, *G. fasciculatum* (Thaxter) Gerdemann & Trappe emend. Walker & Koske, *G. geosporum* (Nicolson & Gerdemann) Walker, *G. mosseae* (Nicolson & Gerdemann) Gerdemann & Trappe，均採用砂耕法盆栽百喜草或玉米作爲宿主進行繁殖。繁殖所用河砂與塑膠盆缽（直徑18公分，高度20公分）先以70°C蒸氣消毒30分鐘。百喜草或玉米等宿主植物種子，以0.5%次氯酸鈉表面消毒 5 分鐘，經三次水洗後播種，待種子發芽後，取各菌種厚膜孢子接種於植株根系旁，接種後之植株均置於簡易網室中，期間每盆施用7.5克 3 號奧妙肥（N：P：K＝18：3.8：11）。接種後12—16週，去除植株地上部後，將根圈土倒出並陰乾，同時取部份菌土調查孢子數量。陰乾菌土每 5 公斤裝一袋，封口後置於 4 °C冷藏庫保存以供接種之用。

二、菌根柑橘之培育

供試柑橘砧酸橘（*Citrus sunki* Hort. ex Tan.）、廣東檸檬（*Citrus Limonia* Osbeck）、粗檸檬（*Citrusjambhiri Lush.*）、夏伯粗檸檬（*Citrus jambhiri* Lush. ‘Schaub’）、枳柚（*Citrus paradisi Macf.*× *Poncirustrifoliata* (L.) Raf. ‘SPB4475’）、枳橙（*Citrus sinensis* (L.) Osb. × *Pomcirus trifoliata* (L.) Raf. ‘Troyer’）、苦柚（*Citrus grandis* (L.) Osbeck）及酸橙（*Citrus aurantium* L.）等種子，由本分所園藝系提供。播種前種子均以0.5%次氯酸納表面消毒 5 分鐘及三次水洗。消毒後之種子剝除種皮後，置於含濕潤濾紙之培養皿中，並於27°C定溫箱中催芽。種子發芽後移入蛭石盆缽（直徑15.5公分，高度18公分）接種囊叢枝菌根菌，接種量爲每個種子加 5 毫升菌土（約有20個孢子）培育菌根苗，另設不加菌土者培育爲非菌根苗，處理後之植株置於溫室中管理。

三、柑橘園囊叢枝菌根菌調查

自本省各柑橘栽培園選擇健康壯碩之植株，每株於樹冠下之區域逢機取三點，每一點分別取地表 0 —15公分與地表15公分以下之根圈土，混合後攜回實驗室。自根圈土中挑出細根置入100毫升燒杯中，水洗後倒入10%KOH，經高壓殺菌釜煮沸透化15分鐘，倒出 KOH 後以清水漂洗三次，再倒入0.5% Trypan blue 染色液（乳酸386毫升、甘油354毫升、蒸餾水230毫升、Trypan blue 0.5公克）色 4 小時後，倒出染液並水洗三次，最後以不含 Trypan blue 的乳酸甘油脫色一小時。染色根段分別切成 1 公分長度之片段，逢機取60段置於載玻片上，每個玻片20條根段，於光學顯微鏡下檢查是否形成菌根，根段內如有囊狀體、叢枝狀體或菌絲，即視爲已感染，計算60根段中感染根段百分比，即爲菌根形成率。挑出根段之根圈土陰乾後，取100克以篩網傾注法分離厚膜孢子[8]，將留在200mesh篩網上之孢子洗入燒杯中，加水至整個溶液爲100毫升並攪動，再以定量吸管吸取 3 毫升懸浮液於培養皿中，於解剖顯微鏡下計算孢子數，重覆三次後換算成百克根圈土孢子數。

四、*Glomus* 屬囊叢枝菌根菌對酸橘生長促進效果之比較

供試之囊叢枝菌根菌有 *G. aggregatum, G. etunicatum, G. fasciculatum, G. geosporum,* 及 *G. mosseae*，依方法二接種及培育內生菌根與非內生菌根酸橘植株，二個月後移植於柑橘育苗盆中（45×10×10公分），栽培土爲消毒之壤土：泥炭土（Finnpeat A2, pH5.5—6.5）：碴石＝5：2：3（V/V）混合而成，植株移入同時每盆再加入50毫升菌土（約有200個孢子）。處理後植株置於溫室中管理，每隔10日以 Hoaglands's 營養液（不含磷之原液稀釋20倍）每株澆灌100毫升，每隔一個月調查植株高度，接種後第17週時，取出植株調查株高、地上部鮮重、根長、根鮮重及菌根形成率。

五、囊叢枝菌根菌對不同柑橘砧木生長促進效果之比較

供試柑橘砧木有酸橘、廣東檬檬、粗檸檬、夏伯粗檸檬、枳柚、枳橙、苦柚及酸橙等，供試囊叢枝菌根菌 *G. aggregatum*。依方法二培育之砧木，內生菌根與非內生菌根苗各取六株，移植於柑橘育苗盆中（45×10×10公分），栽培土爲消毒之土壤：泥炭土：蛭石＝5：2：3（V/V）混合而成，移植時爲菌根苗者每盆再加入50毫升菌土（約200個孢子），移植後植株置於溫室中管理，每隔10日以 Hoaglands's 營養液（不含磷之原液稀釋20倍）每株澆灌100毫升，每隔一個月調查植株高度。

六、土壤添加不同堆肥對囊叢枝菌根菌促進柑橘生長之影響

培育柑橘之栽培土以消毒過之土壤：蛭石＝5：3（V/V）先行混合，再分別加入20%（V/V）牛糞堆肥（商品名：崙背牛糞）、雞糞堆肥（商品名：甘雨特肥）、木屑堆肥（商品名：長青）及樹皮堆肥（商品名：根源），充份攪拌均勻後，裝入柑橘育苗盆（45×10×10公分）中，另以不加堆肥之處理爲對照。接種 *G. aggregatum* 三個月之內生菌根酸橘與未接種之對照各取六株，分別移植於上述含不同堆肥之栽培土，移植後之植株置於溫室中管理，每隔10日以 Hoagland's 營養液（不含磷之原液稀釋20倍）每株澆灌100毫升，每隔一個月調查植株高度、菌根形成率。

七、不同土壤對囊叢枝菌根菌促進柑橘生長之影響

選取砂質土、砂質壤土及壤土三種土壤，經臺灣省農業試驗所農化系協助土壤理化性分析，包括土壤質地、全氮（比色法）、有效磷（Bray No.1）及有效鉀（Flame photometer），並於種植作物前以70℃蒸氣消毒30分鐘，放置1個月後分別裝入美化槽（59×17×19公分）中，再種植一個月大之酸橘苗，每盆21株，每種土壤各2盆，其中一盆在移植時同時接種 *G. aggregatum*，接種量爲每盆200毫升菌土（約有800個孢子），所有植株置於溫室中管理，每隔一個月各處理分別取出三株植株，調查植株高度與菌根形成率。

結　　果

一、本省柑橘園囊叢枝菌根菌發生情形

自臺南縣、嘉義縣、花蓮縣、臺東縣等八處柑橘園採集之柑橘根圈土，所有根系樣品均有菌根形成，惟菌根程度差異甚大，一般距地表0～15公分之根系菌根形成率較高，菌根形成率最高達87.5%，超過15公分深度之根系，菌根形成率較低（表1），但地點不同結果稍有差異，原因與土壤條件或柑橘種植時間長短不同可能有關。厚膜孢子數亦有類似結果，距地表0～15公分之根圈土，厚膜孢子較多，每100毫升土最高含1,226個孢子，深度超過15公分之根圈土，厚膜孢子數量通常較低，而一般鏡檢，*Glomus*（繡球菌屬）之孢子是最常見到的一屬。

表1. 本省柑橘園囊叢枝菌根菌發生情形

Table 1. Distribution of VAM fungi in citrus orchards in Taiwan

採集地點 Locations	菌根形成率(%)[z] Percent of colonization		孢子數(個/100ml土壤)[y] Chlamydospores/100ml soil	
	0～15cm	>15cm	0～15cm	>15cm
觸口1	35	27.5	1,166	84
觸口2	43.3	30	600	26
菜公店1	35	43.8	280	186
菜公店2	87.5	62.5	96	46
竹崎1	72.5	57.5	110	32
竹崎2	87.5	32.5	1,226	56
竹崎3	32.5	32.5	260	96

(續)

竹崎4	55	89	166	86
池上	13.3	18.3	74	20
瑞穗1	25	13.3	360	140
瑞穗2	60	18.3	40	6
壽豐	33.3	28.3	494	46
楠西1	33.3	26.7	74	46
楠西2	40	46.7	126	226
番路	38.3	43.3	266	146

Z Root samples collected from top 15 cm depth or below 15 cm.
Y Rhizospherical soil collected from top 15 cm depth or below 15 cm.

二、*Glomus* 屬囊叢枝菌根菌對酸橘生長之促進效果

酸橘接種 *G. aggregatum*、*G. fasciculatum*、*G. mosseae*，植株高度在接種後第17週，分別爲42.8,36.1,29.8,40.9 30.5公分，未接種之對照組株高爲30.7公分，顯示酸橘除接種 *G. fasciculatum* 與 *G. mosseae* 對生長無促進作用外，其餘三菌種 *G. aggregatum, G. etunicatum*及 G. geosporum 對酸橘生長均有促進效果，與未接種之對照組比較均達顯著差異（$p=0.05$），其中又以 *G. aggregatum* 效果最好，地上部之鮮重結果與株高類似。在地下部鮮重方面，接種囊叢枝菌根菌之植株均較未接種者爲重，但差距較顯著者，仍屬接種 *G. aggregatum*、*G. geosporum*及 G. etunicatum 之植株，鮮重分別爲2.1、3.2及2.0公克。比較菌根形成率與植株生長，並無正相關性，但其中 G. geosporum、G. etunicatum 及 *G. mosseae* 感染酸橘並形成菌根之程度較高，分別爲44.6%、47.9%及38.8%（表２）。

表 2. *Glomus* 屬不同囊叢枝菌根菌對酸橘生長之比較

Table 2. Growth response of citrus (sunki) inoculated with different species of *Glomus*

菌種[z] Species	地上部 Top growth		地下部 Root growth		菌根形成率 Percent of colonizationn (%)
	株高 Heihgt (公分) (cm)	鮮重 Fresh wt. (公克) (g)	根長 Length (公分) (cm)	鮮重 Fresh wt. (公克) (g)	
G. aggregatum	42.8a[y]	7.0a	38.1a	2.1b	11.7
G. etunicatum	36.1b	5.6b	42.8a	2.0bc	47.9
G. fasciculatum	29.8c	3.7c	36.9a	1.4cd	1.3
G. geosporum	40.9a	7.2a	39.4a	3.2a	44.6
G. mosseae	30.5c	4.5c	37.6a	1.6bcd	38.8
CK	30.7c	4.3c	36.3a	1.3d	0

Z Four replicates for each species
Y Means in the same column followed by the different letter are significantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test

三、囊叢枝菌根菌對不同柑橘砧木之生長促進效果

比較八種柑橘砧木接種 *G. aggregatum* 後植株生長之差異，結果顯示除枳柚接種與未接種間株高差異不顯著外，其餘砧木皆有顯著差異（$p=0.05$）。各個砧木接種植株與未接種者間之株高，酸橘分別是42.1及22.3公分，酸橙爲37.8及20.3公分，枳柚爲48.5及34.3公分，特洛伊枳橙爲54.3及29.6公分，苦柚爲34.6及20.8公分，夏伯粗檸檬爲47.4及27.9公分，粗檸檬爲50及24.3公分，廣東欄檬爲

48.4及35.8公分（表 3 ）。由各個砧木接種與未接種植株間之株高差距比較，粗檸檬與特洛伊枳橙差距最大，分別爲25.7及23.8公分，其次爲酸橘、夏伯粗檸檬及酸橙之19.8,19.5及17.5公分，再其次爲苦柚及廣東檬檬之13.8及12.6公分，差距最小者爲枳柚之11.5公分。

表 3. 不同柑橘品種接種囊叢枝菌根菌（*G. aggregatum*）促進植株生長之效果

Table 3. Growth promotion of different citrus species inoculated with VAM fungus (*G. aggregatrm*)

處理 Treatments	株高(公分)^z Height(cm)							
	Sunki	Sour orange	Citrumelo 4475	Troyer citrange	Pummelo	Schaub rough lemon	Rough lemon	Rangpur lime
M^x	42a^y	37.8a	45.8a	53.4a	34.6a	47.4a	50.0a	48.4a
NM	22.3b	20.3b	34.3a	29.6b	20.8b	27.9b	24.3b	35.8b

^{z} Value is the mean of six replicates at 8 months after inoculation
^{y} Meas in the same column followed by the different letter are significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test
^{x} M: Mycorrhizal plants inoculated with *Glomus aggregatum*, NM: Non-mycorrhizal plants

四、添加堆肥對菌根與非菌根酸橘生長之影響

菌根與非菌根酸橘苗分別移植於添加牛糞、雞糞、樹皮及木屑堆肥之培養土 6 個月後，菌根植株高度分別爲59.4,57.7,45及57.1公分，非菌根植株高度分別爲37.7,45.5,29.4及38.4公分，未添加堆肥之菌根與非根酸橘高度則分別爲58.6及36.9公分（表 4 ）。比較菌根酸橘植株添加堆肥對植株生長之影響，添加樹皮堆肥者，植株生長較差外，其餘各種堆肥處理與對照未添加者間，植株高度並無顯著差異，顯示堆肥與囊叢枝菌根菌，對酸橘生長並無加成效果。

表 4. 柑橘栽培土添加不同堆肥對菌根與非菌根酸橘生長之影響

Table 4. Effects of compost on the growth of mycorrhizal annd nnon-mycorrhizal-sunnki plants

堆肥^z Compost	接種^y Inoculation	株高(公分) Height(cm)		菌根形成率(%) Percent of colonization
		0^x	6	
牛糞堆肥	M	11.6a^w	59.4a	90.0
Cattle manure	NM	9.2b	37.7bc	0
雞糞堆肥	M	11.8a	57.7a	68.3
Chicken manure	NM	8.4bc	45.5b	0
樹皮堆肥	M	8.8bc	45.0b	61.7
Bark manure	NM	6.8c	29.4c	0
木屑堆肥	M	13.7a	57.1a	38.3
Sawdust manure	NM	8.9bc	38.4b	0
對照	M	12.0a	58.6a	45.0
Check	NM	8.7bc	36.9bc	0

^{z} Growth medium was composed of pasteurized soil, vermiculite and different compost (v/v/v 5 : 3 : 2). Medium without compost was treated as control.
^{y} M: Mycorrhizal plants inoculated with *Glomus aggregatum;* NM: Non-mycorrhizal plants
^{x} 0 and 6 represented months after transplanting but seedlings had been inoculated three months before transplanting
^{w} Means in the same column followed by the different letter are significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test

五、不同土壤對囊叢枝菌根菌促進柑橘生長之影響

種植於砂質壤土及壤土之酸橘，接種囊叢枝菌根菌後，植株之菌根形成率，以砂質土最好，接種後 4 個月達67.2%，其次爲砂質壤土之18.3%，最低者爲壤土之12.2%。土壤化學分析顯示，供試三種土壤中以壤土之全氮、有效性磷、鉀含量最高，其次爲砂質壤土，砂質土肥份則最低，因此菌根形成率高低與各土壤之肥份高低可能有關。不同土壤下，酸橘接種與不接種囊叢枝菌根菌，植株之高度，在砂質土分別爲21.6及5.6公分，砂質壤土爲11.4及5.5公分，壤土則分別爲19.2及20.2公分，其中僅供試之砂質土，接種植株與不接種者間株高、地上部鮮種有顯著差異（$p=0.05$），種植在砂質壤土與壤土者差異不顯著，顯示囊叢枝菌根菌促進酸橘生長效果，在低肥份土壤下比較顯而易見（表 5）。

表 5. 不同土壤對囊叢枝菌根菌促進酸橘生長之影響

Table 5. Effects of different soil on the growth of mycorrhizal and non-mycorrhizal sunki plants

土壤質地 Soil textures	接種[Y] Inoculation	酸鹼值 pH	全氮 Total nitrogen (ppm)	有效磷 Available phosphorus (ppm)	有效鉀 Available potassium (ppm)	株高[Z] (公分) Height (cm)	鮮重(公克) Fresh wt.(g) 地上部 Shoot	地下部 Root	菌根形成率 (%) Percent of colonization
砂質土	M					21.6a	3.44a[X]	1.74a	67.2
		6.2	90	2.2	33.4				
Sandy soil	NM					5.6cd	0.47b	1.10ab	0
砂質壤土	M					11.4bd	1.69b	1.52a	18.3
		4.1	600	14.8	54.5				
Sandy loam	NM					5.5d	0.48b	0.52b	0
壤土	M					19.2a	3.34a	1.12ab	12.2
		3.9	1,700	223.1	155.8				
Loam	NM					20.2a	3.31a	1.12ab	0

[Z] Value is the mean of three replicates at 4 months after inoculation.
[Y] M. Mycorrhizal plants inoculated with *Glomus aggregatum;* NM: Non mycorrhizal plants
[X] Means in the same column followed by the different letter are significantly different ($p=0.05$) by Duncan's multiple range test

討　論

調查本省 8 處柑橘園之植株根系均可發現有菌根之形成，及後來陸續由各處柑橘園採集之85個樣品中，有64.7%之樣品有菌根，35.3%爲非菌根（未發表資料），顯示囊叢枝菌根菌在本省柑橘園普遍存在，這些土生性（Indigenous）菌根菌，對柑橘植株之生長促進效果，有待進一步探討。有報告指出，菌株決定有效性（Effectiveness）比土壤因素或宿主植物更重要[19]。在供試 5 種 *Glomus* 菌種，比較對酸橘植株之生長促進效果，其中接種 *G. aggregatum* 之植株，地上部高度較接種 *G. etunicatum, G. fasciculatum* 及 *G. mosseae* 者爲高，且達顯著差異，顯示菌種有效性具有差異，因此菌種篩選有其必要，本試驗建議可選擇 *G. aggregatum*培育菌根柑橘苗。表 2 結果顯示，菌根形成率高低與酸橘生長反應無正相關性，Graham 等氏[9]報告認爲囊叢枝菌根菌促進作物生長之效果與菌根程度無關，與外伸菌絲（External hyphae）量之多寡較有相關，但此種情形可能隨宿主而不同，Sylvia 等氏[19]報告指出大豆根系感染菌根菌之長度與植株生長反應無關，高粱則有正相關性。

柑橘除極少數品種外，一般皆需要有優良接穗配合適當砧木，才能達到經濟生產目的[5]，本省柑橘栽培亦經常使用酸橘、廣東檸檬及苦柚等作爲砧木，本研究中選擇酸橘作爲各項試驗之供試宿主。

但是不同砧木接種囊叢枝菌根菌，植株之生長反應同樣進行接種比較。由本分所園藝系提供的 8 種柑橘砧木，酸橘、酸橙、枳柚、特洛伊枳橙、苦柚、夏伯粗檸檬、粗檸檬及廣東檬檬接種 *G. aggregatum* 後，除枳柚外，菌根植株之高度皆比未接種之對照為高，達顯著性差異，顯示柑橘接種菌根菌後，植株生長促進效果，品種間仍有差異，而張氏[3]之報告亦有類似結果。

囊叢枝菌根菌對作物之生長促進效果，受到許多因素相互作用之影響，如宿主、菌種有效性及環境等因子。宿主植物依據其對菌根菌之依賴程度，可分成絕對菌根植物（Obligately mycorrhizal plant）及兼性菌根植物（Facultatively mycorrhizal plant）[13]。兼性菌根植物之定義，是指在適當肥力之土壤中，該植物雖無菌根菌與之共生，仍能正常生長者。本研究中，由表 5 之結果得知，酸橘菌根形成率以種植於砂質土者最高，其次為砂質壤土，種植於壤土之植株菌根形成率最低，相對的，接種與未接種植株之高度，亦以種植於砂質土之處理有顯著差異，其餘兩種土壤差異不顯著。土壤化學分析顯示，供試之壤土有效氮、磷、鉀含量最高，其次為砂質壤土，砂質土最低，因此可認為，土壤肥份高低是影響酸橘菌根形成率及菌種表現之主要因子，土壤及肥分對菌根菌之感染、生長及繁殖之影響亦可見於其他報告[12]。由前述結果，吾人認為柑橘應屬於兼性菌根植物，土壤肥份高低影響菌根菌促進作物生長之效果，因此在高肥份之消毒土壤，酸橘雖未接種菌根菌，亦能正常生長。

燻蒸或蒸氣消毒之土壤中，重新加入囊叢枝菌根菌，植株生長可恢復正常[14,18]，但目前柑橘育苗大多使用非土介質（Soilless medium），其中有蛭石、珍珠石、泥炭土及樹皮等，有些配方甚至添加堆肥，以維持植株後續之營養需求，但是囊叢枝菌根菌在此種條件下施用，是否亦能發揮效果，值得進行探討。Menge 等氏[17]發現特洛伊枳橙之生長反應、菌根程度與土壤中有機物質含量呈負相關，有些報告指出，使用介質或腐熟之植物殘體（Composted plant residues）培育作物，介質中可萃取的磷或施用的磷，與宿主植物之生長反應呈負相關[4,6,10,11]。在本研究中，比較不同堆肥對菌根酸橘生長之影響，添加堆肥之植株菌根形成率與未添加者差異不大，但是添加樹皮堆肥之處理，植株卻是最矮，顯示堆肥除了其中磷含量之影響外，堆肥發酵過程產生之有害物質同樣可能影響菌根之表現，也可能是樹皮堆肥 C/N 比值較高，造成植株缺氮所致，另外，施用堆肥可能改變菌根根圈之微生物相[15]，間接影響菌根之效用，詳細作用有待進一步探討。

誌 謝

本報告承蒙國科會*NSC*80-0409-*B*-055*B*-03及農委會83科技-2.6-糧-57計畫補助經費，並蒙臺灣省農業試驗所農化系協助土壤分析及吳繼光博士之指導，謹致謝忱。

引用文獻

1. 施明山、黃美華。1988。柑橘健康苗繁殖推廣現況。臺灣省農業試驗所特刊第27號。98—102頁。
2. 程永雄。1984。內生菌根菌之形成及其對大豆、玉米、蘆筍及西瓜生長之效應。國立中興大學博士論文。175頁。
3. 張喜寧。1984。三種繡球屬內生菌根菌對柑橘根砧生長之影響。國科會專題研究年終報告。13頁。
4. 黃瑞祥。1979。不同混合介質對廣東檬檬盆栽苗木生長之影響—觀察菌根菌與柑橘根部之共生現象。臺灣大學園藝研究所碩士論文。75頁。
5. 葉節耀、林瓊玖、劉玉花。1989。臺灣柑橘砧木種源保存。臺灣省農業試驗所特刊第27號。17—27頁。
6. Biermann, B. and R. G. Lindeman. 1983. Effect of container plant growth medium and fertilizer phosphorus on establishment and host growth response to vesicular-arbuscular mycorrhizae. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 : 962—971.
7. Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev.Phytopathol. 6 : 397—418.
8. Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil

by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46 : 235—244.

9. Graham, J. H., R. G. Linderman, and J. A. Menge. 1982. Development of external hyphal by different isolates of mycorrhizal *Glomus* spp. in relation to root colonization and growth of troyer citrange. New Phytol. 91 : 183—189.

10. Graham, J. H. and L. W. Timmer. 1984. Vesicular-arbuscular mycorrhizal development and growth response of rough lemon in soil and soilless media: Effect of phosphorus source. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 118—121.

11. Guttay, A. J. R. 1983. The interaction of fertilizers and vesicular—arbuscular mycorrhizae in composted plant residues. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 : 222—224.

12. Hayman, D. S. 1982. Influence of soils and fertillity on activity and survival of vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi. Phytopathology 72 : 1119—1125.

13. Janos, D. P. 1988. Mycorrhiza application in tropical forestry: Are temperate zone approaches appropriate? In:Ng, F. S. P.(ed.) trees and Mycorrhiza, PP.133—188. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.

14. Kleinschmidt, G. D. and J. W. Gerdemann. 1972. Stunting of citrus seedlings in fumigated nursery soils related to the absence of endomycorrhizae. Phytopathology 62 : 1447—1453.

15. Linderman, R. G. 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. Phytopathology 78 : 366—371.

16. Menge, J. A. 1983. Utilization of vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. Can. J. Bot. 61 : 1015—1024.

17. Menge, J. A., W. M. Jarrell, C. K. Labanauskas, C. Huzar, E. L. V. Johnson, and D. Sibert. 1982. Predicting mycorrhizal dependency of Troyer citrange on *Glomus fasciculatum* in California citrus soils and nursery mixes. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 46 : 762—768.

18. Menge, J. A., Lembright, and E. L. V. Johnson. 1977. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. Proc. Intl. Soc. Citriculture 1 : 129—132.

19. Sylvia, D. M., D. O. Wilson, J. H. Graham, J. J. Maddox, P. Millner, J. B. Morton, H. D. Skipper, S. F. Wright, and A. G. Jarstfer. 1993. Evaluation of vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi in diverse plants and soils. Soil Biol. Biochem.25 : 705—713.

Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth Promotion of Citrus[1]

Yung－Hsiung Cheng, Ming-Fuh Chuang and Su-Li Hsu[2]

Summary

Soil samples including root sections from 8 citrus orchards in Taiwan were collected to investigate the mycorrhizal formation of citrus and results indicated that all root samples formed mycorrhizae. Heavy mycorrhizal formation and chlamydospores were commonly present in the rhizospherical soil collected from top 15 cm depth than those collected from below 15 cm. Growth response of sunki seedlings inoculated with *Glomus aggregatum, G. etunicatum, G. Fasciculatum, G. geosporum and G. mosseae* was significantly different and the height of mycorrhizal seedlings was 42.8, 36.1, 29.8, 40.9 and 30.5 cm, respectively, whereas that of non－mycorrhizal seedlings was 30.7 cm. In 8 tested citrus rootstocks except citrumelo, plant height of mycorrhizal and non－mycorrhizal seedlings was significantly different. Effect of culture media amended with/without compost such as cattle manure, chicken manure, bark manure or sawdust manure on the growth of mycorrhizal sunki seedings was tested, and the height of seedlings planted in media with bark manure was shorter than any other treatments. Soil from different source could affect the growth and mycorrhizal formation of sunki seedlings. Colonization rate of sunki seedlings planted in sandy soil was the highest, while those planted in loam was the lowest, and this might be related to soil fertility, In sandy soil, the growth response of sunki seedlings inoculated with *G. aggregatum* was significant, but those planted in loam was not.

Key words : Citrus, Growth promotion, VA mycorrhizal fungi.

1. Contribution No. 1917 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Director, Assistant and Research Assistant, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.